

冶金行业铁路运输
企业职工培训教材

内燃机车运用

NEIRAN JICHE YUNYONG
YEJIN HANGYE TIELU YUNSHU QIYE ZHIGONG PEIXUN JIAOCAI

中国职工教育和职业培训协会冶金分会 中国钢协职业培训中心
有色金属工业人才中心 有色金属行业职业技能鉴定指导中心

王奇夫 / 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

冶金行业铁路运输企业职工培训教材

内燃机车运用

中国职工教育和职业培训协会冶金分会 中国钢协职业培训中心
有色金属工业人才中心 有色金属行业职业技能鉴定指导中心



中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

为了做好冶金行业铁路运输企业职工培训工作,中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心、有色金属工业人才中心和有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织专业技术人员编写了本教材。全书共4章,内容包括:基础知识、机车构造、机车运用与保养、机车常见故障等。

本书可作为冶金行业铁路运输企业职工培训教材,也可作为相关技术人员和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机车运用/中国职工教育和职业培训协会冶金
分会等组织编写. —北京:中国铁道出版社,2014.9
冶金行业铁路运输企业职工培训教材
ISBN 978-7-113-19219-8

I. ①内… II. ①中… III. ①内燃机车—职工培训—
教材 IV. ①U262

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 210362 号

书 名: 冶金行业铁路运输企业职工培训教材
内 燃 机 车 运 用
作 者: 中国职工教育和职业培训协会冶金分会 中国钢协职业培训中心
有色金属工业人才中心 有色金属行业职业技能鉴定指导中心

责任编辑:程东海 编辑部电话:010-51873162
封面设计:崔 欣
责任校对:龚长江
责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
版 次:2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15.25 插页:1 字数:376 千
书 号:ISBN 978-7-113-19219-8
定 价:36.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)6354980

序

全国大中型冶金企业大量的生产原材料靠企业内部铁路运输部门完成。铁路运输部门过去、现在、将来都是我国冶金企业非常重要的安全运输体系中最重要的一环。为适应我国钢铁、有色金属行业发展需要,企业内部铁路运输新技术、新装备也随之大量引进使用。系统全面地编写一套涵盖冶金企业铁路运输各主要技术工种的高质量职工培训教材,对提高冶金行业铁路运输部门职工队伍业务素质和技能很有必要,也是企业培训部门所需要的。

在中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心、有色金属工业人才中心、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织和主持下,联合编写的冶金行业铁路运输企业职工培训教材,现在正式出版发行。对此表示衷心的祝贺,对积极参与教材编写和积极支持这项工作开展的所有单位和编写人员表示衷心感谢!

希望大家利用好这套教材,进一步做好冶金行业铁路运输职工培训工作的不断提高。

刘振江

二〇一三年七月

(刘振江:中国钢铁工业协会党委书记兼副会长)

编委会名单

主任委员:李克敏

副主任委员:鲁启峰 丁跃华 张民培 姜 维 曹裕曾
王殿贺 岳旭光 贾振宏 包红武 王大卫
王奇夫 况作尧 韩树森 李明柱 谭 科
胡 军 许贵宏 肖霞光 范力智 唐叶来
徐劲松 唐光明 刘建强 周邦连 陈增治
谢怡海 陈 新 马首山 龙 江 向学庆
刘 杰 武 征 龚福民 于庆云 陈 刚
李 勇 郑 慧

委员(按姓氏笔画排序):

毛文鹤 王崇庆 王光荣 王万珍 孙才华
刘书和 许志安 关晓光 朱双潮 朱仁平
李彦明 汤 真 何永洪 宋泽田 宋 凯
吴旭东 岳旺明 胡庆国 郭连宽 董 炜
鲁春花

总 策 划:况作尧 吴忠民

策 划:何永洪 祝丽华 刘书和 郭连宽 王 建
施胜昔

本书主编:王奇夫

副 主 编:郭连宽 何永洪

编 写(按姓氏笔画排序):

马英俊 王东会 孙文昌 刘文才 刘 瑾
刘 博 齐建彬 李国刚 朱常禄 张 磊
张志康 邹德华 段崇义 胡春辉 赵广湘
凌永昌 常玉涛 崔 霞 韩凤玲 路高辉

参 编(按姓氏笔画排序):

毛雄杰 王少春 艾 铁 田贵勇 李大军
朱良军 何远大 闵连常 吴素辉 邵 学
张 炯 国大祥 武保东 赵 新 官良钦
谢致用

前 言

根据冶金行业铁路运输企业职工培训和管理工作的迫切需要,中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心、有色金属工业人才中心、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织并主持编写冶金行业铁路运输企业职工培训教材。教材涵盖冶金行业铁道车务、机务、工务、电务、车辆主要技术工种和有关岗位培训内容,编写依据为铁道行业有关技术规程和冶金行业铁路运输现有设备及技术标准。

冶金行业铁路运输企业职工培训教材共分6册:《铁道车务》、《内燃机车运用》、《内燃机车检修》、《铁道工务》、《铁道电务》、《铁道车辆》。

本书为《内燃机车运用》,对冶金行业内燃机车的基本结构及运用与保养、常见故障处理等知识进行了详细介绍;并根据冶金行业内燃机车牵引动力种类繁多,结构各不相同的特点,本着以提高基本操作技能为主与基础理论知识兼顾的原则,对操纵设备的结构特点,出现问题的应急判断及处理等知识重点进行表述;紧密结合冶金行业铁路运输企业当前技术装备的发展水平,对部分新技术和新工艺进行了介绍,以期达到启发性教学的目的。本书紧密结合冶金行业内燃机车运用技能鉴定内容,专业理论与实际操作技能密切衔接,力求深入浅出,通俗易懂,图文并茂,便于培训教学及职工自学使用。

本书由鞍钢铁路运输公司组织编写。编写工作得到鞍钢、莱钢、邯钢、武钢、包钢、马钢、湘钢、首钢、韶钢、济钢、南钢、攀钢、本钢、新余钢、涟源钢、酒钢、八一钢、水钢、昆钢、贵钢、中国铝业公司、中国有色矿业集团、金川集团、白银有色集团、江铜贵溪冶炼厂、中铅山东分公司、日照港和中国铁道出版社等单位及全国铁道职业教育教学指导委员会秘书长任天德的大力支持和帮助。

在此,对关心并大力支持编写工作的有关单位和领导及为此付出辛勤劳动的所有编委会成员等有关人员一并表示衷心感谢!

由于编写时间较紧,书中不妥和疏漏之处,敬请批评指正。

编 者

2013年7月

目 录

第一章 基础知识.....	1
第一节 铁路运输知识.....	1
第二节 列车牵引基础知识	33
第三节 机车电器与控制	41
复习思考题	50
第二章 机车构造	52
第一节 概述	52
第二节 内燃机车柴油机基本知识	53
第三节 内燃机车传动.....	116
第四节 机车车体、转向架及辅助装置	138
第五节 空气制动系统.....	146
复习思考题.....	175
第三章 机车运用与保养.....	177
第一节 机车检查.....	177
第二节 机车乘务作业.....	184
复习思考题.....	203
第四章 机车常见故障.....	204
第一节 机车控制电气部分.....	204
第二节 柴油机.....	209
第三节 内燃机车传动部分(液力).....	219
第四节 制动系统.....	223
复习思考题.....	232
参考文献.....	232

第一章 基础知识

第一节 铁路运输知识

一、铁路线路知识

线路是机车车辆和列车运行的基础。铁路线路是由路基、桥隧建筑物和轨道组成的一个整体的工程结构。轨道大部分铺设在路基上,只是遇到高山和江河,或需跨越深谷、公路或其他铁路线,需要修建桥梁和隧道时,才铺设桥上或隧道里。所以,习惯上把轨道和路基合在一起称之为铁路线路(简称线路)。

铁路线路应保持完好状态,使列车按规定的最高速度安全、平稳、不间断运行,以保证铁路运输部门能够质量完好地完成运输任务。

(一)路基

路基是轨道的基础,直接承受轨道的重量,以及机车车辆及其载荷的压力。要求修筑坚实、稳固,具有足够的强度和耐久性,能够抵抗自然因素的侵袭。它包括路基本体、排水设备和防护加固设备。

1. 路基的基本形式

在铁路线路工程中,路基常见的两种基本形式是路堤和路堑。

当铺设轨道的路基面高于天然地面时,路基以填筑方式构成,这种路基称为路堤,如图 1-1(a)所示。

当铺设轨道的路基面低于天然地面时,路基以开挖方式构成,这种路基称为路堑,如图 1-1(b)所示。

此外还有半路堤、半路堑和不填不挖路基,如图 1-1(c)、(d)、(e)所示。

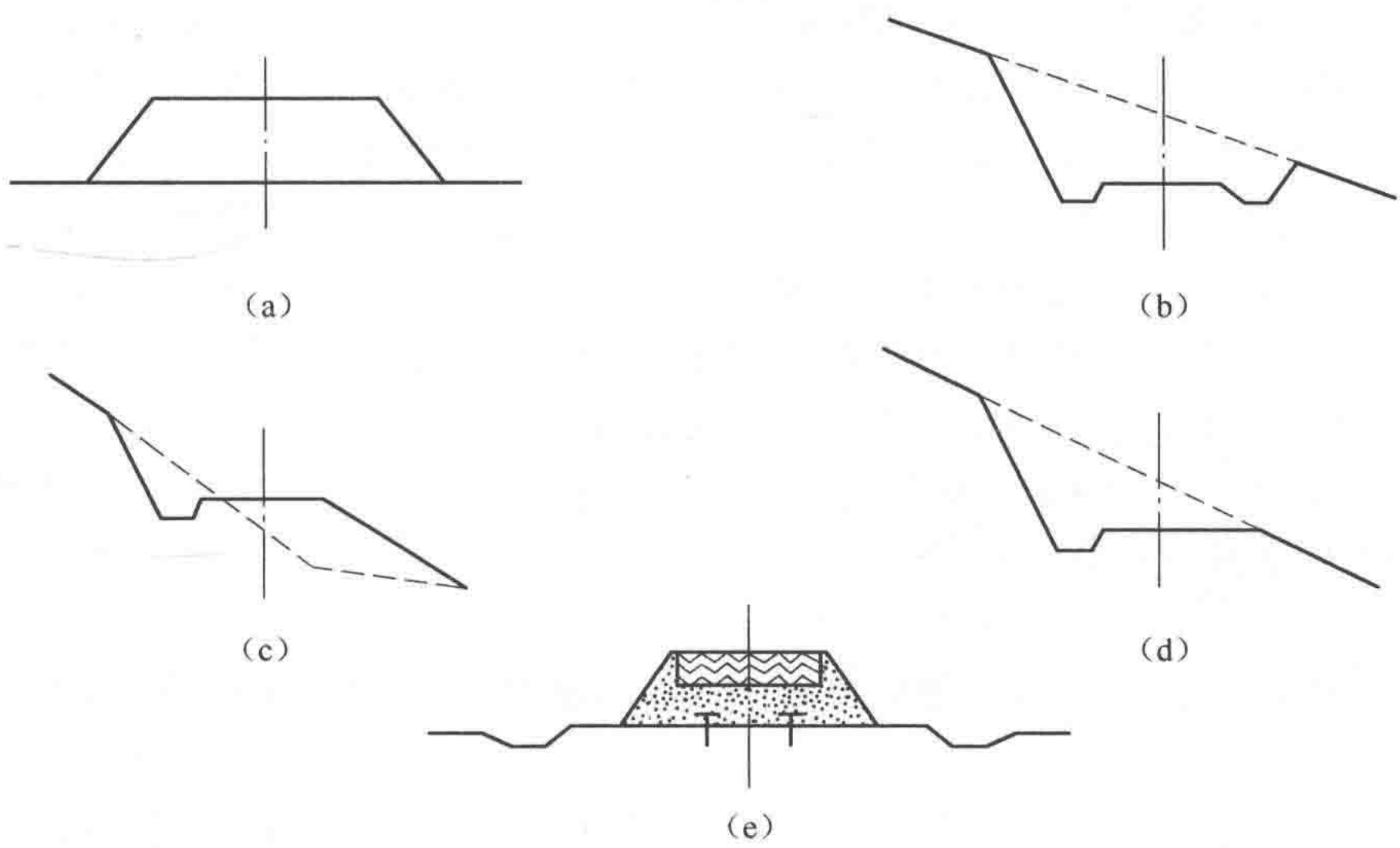


图 1-1 路基的形式

2. 路基组成

路基由路基本体、路基的排水设备及路基防护部分组成。路基上铺设轨道的部分叫路基本体,路基本体承受着轨道和列车的重量。

(二)轨道的组成、分类及作用

轨道由钢轨、轨枕、道床、联结零件、防爬设备和道岔等主要部件组成。它对机车车辆运行起导向作用,直接承受由车轮传来的巨大压力,并把它传给路基或桥隧建筑物,如图 1-2 所示。

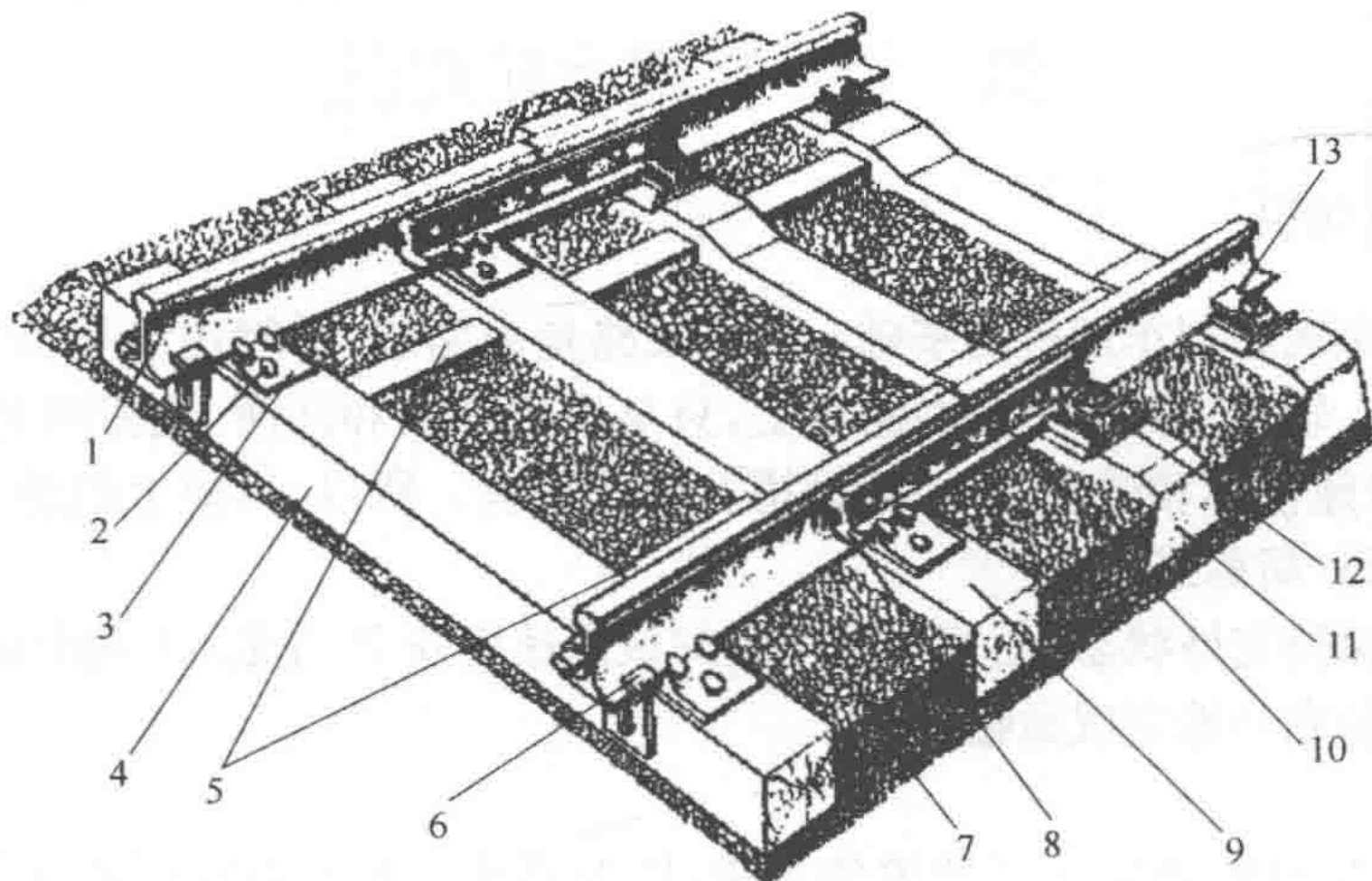


图 1-2 轨道的基本组成

1—钢轨;2—普通道钉;3—垫板;4,9—木枕;5—防爬撑;6—防爬器;7—道床;

8—鱼尾板;10—螺栓;11—钢筋混凝土轨枕;12—扣板式中间联结零件;13—弹片式中间联结零件

注:图中画了多种类型扣件是为示例之用,并非现场线路中的实际使用情况。

1. 轨道的组成

(1)钢轨

钢轨的作用是直接承受车轮的压力并引导车轮的运行方向,因而它应当具备足够的强度、稳定性和耐磨性。

为了使钢轨具有最佳的抗弯性能,钢轨的断面采用“工”字形,由轨头、轨腰、轨底组成,如图 1-3 所示。

在我国,钢轨的类型或强度以每米长度的大致质量来表示,现行的标准钢轨类型有 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m,并逐渐淘汰 43 kg/m 和 38 kg/m 钢轨。

钢轨的长度长一些好,可以减少接头的数量,列车运行平稳并可节省接头零件和线路的维修费用,但由于加工条件和运输条件的限制,一根钢轨的轧制长度是有限的。目前我国钢轨的标准长度有 25 m 和 12.5 m 两种,对于 75 kg/m 钢轨只有 25 m 长一种。此外,还有专供曲线地段铺设内轨用的标准缩短轨若干种。

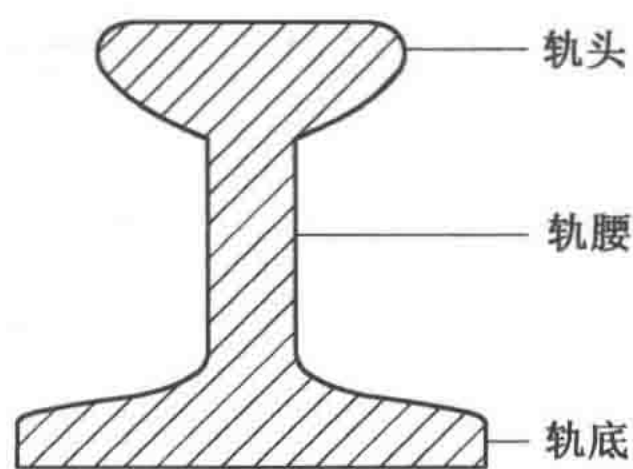


图 1-3 钢轨断面形式

(2)轨枕

轨枕的作用是支承钢轨,并将钢轨传来的压力传递给道床,同时可保持钢轨位置和轨距。

(3)道床

道床是铺设在路基面上的石砟(道砟)垫层。道床的作用是支承轨枕,把从轨枕传来的压力均匀传布给路基;固定轨枕的位置,防止轨枕移动;排除线路上的地表水,并阻止路基内毛细

管水上升;使轨道具有弹性,缓冲列车冲击、震动;并便于校正线路的平面和纵断面。

道床的断面呈梯形,其顶面宽度、边坡坡度及道床厚度等均由轨道的类型而定。

(4)联结零件

联结零件包括接头联结零件和中间联结零件两类。

接头联结零件是用来联结钢轨与钢轨间的接头的,它包括夹板、螺栓、螺帽和弹性垫圈等。钢轨接头必须保持一定的缝隙,这一缝隙叫做轨缝。当气温发生变化时,轨缝可满足钢轨的自由伸缩。钢轨接头是线路上最薄弱的环节,它使行车阻力和线路维修费用显著增加,因此它是线路维修工作的重点。

中间联结零件(又称扣件)的作用是将钢轨紧扣在轨枕上。中间联结零件因轨枕的不同,有钢筋混凝土用的扣件和木枕用的扣件两类。木枕用的扣件包括普通道钉和垫板。垫板置与轨底和木枕之间,其目的在于增加木枕和轨底的接触面积,使木枕经久耐用。同时,由于它的顶面做成 1 : 40 的斜度,使线路上的钢轨具有适当的内倾度,以防止和减轻轮对的蛇行运动。钢筋混凝土用的扣件有扣板式、拱形弹片式、ω 形弹条式三种。ω 形弹条式扣件结构简单、弹性好、扣件压力大,而且使用的零件少,因此在主要干线上大量采用。

(5)防爬设备

因列车运行时的纵向力的作用,使钢轨产生纵向移动,有的甚至带动轨枕一起移动,这种现象叫做轨道爬行。轨道爬行经常出现在单线铁路的重车方向(运量大的方向)、复线铁路的行车方向以及长大下坡道上和进站前的制动距离内。

轨道爬行往往引起轨缝不均、轨枕歪斜等线路病害,对轨道的破坏性极大,严重时危及行车安全,因此必须采取防范措施。通常的做法是加强钢轨与轨枕间的扣压力和道床阻力;另一方面是设置防爬设备(防爬器和防爬撑)。常用的防爬器为穿销式防爬器。

(6)道岔

道岔是一种使机车车辆能从一股道转入另一股道的线路连接设备。有关道岔的知识在下一节详细介绍。

(三)道岔

道岔作为一种线路连接设备,在车站上大量铺设。最常见的是普通单开道岔,由于普通单开道岔被广泛使用,并且它的构造简单,具有一定的代表性,掌握了这种道岔的基本特征,是研究其他道岔的基础。

1. 普通单开道岔的组成

普通单开道岔由转辙器、辙叉及护轨、连接部分组成,如图 1-4 所示。

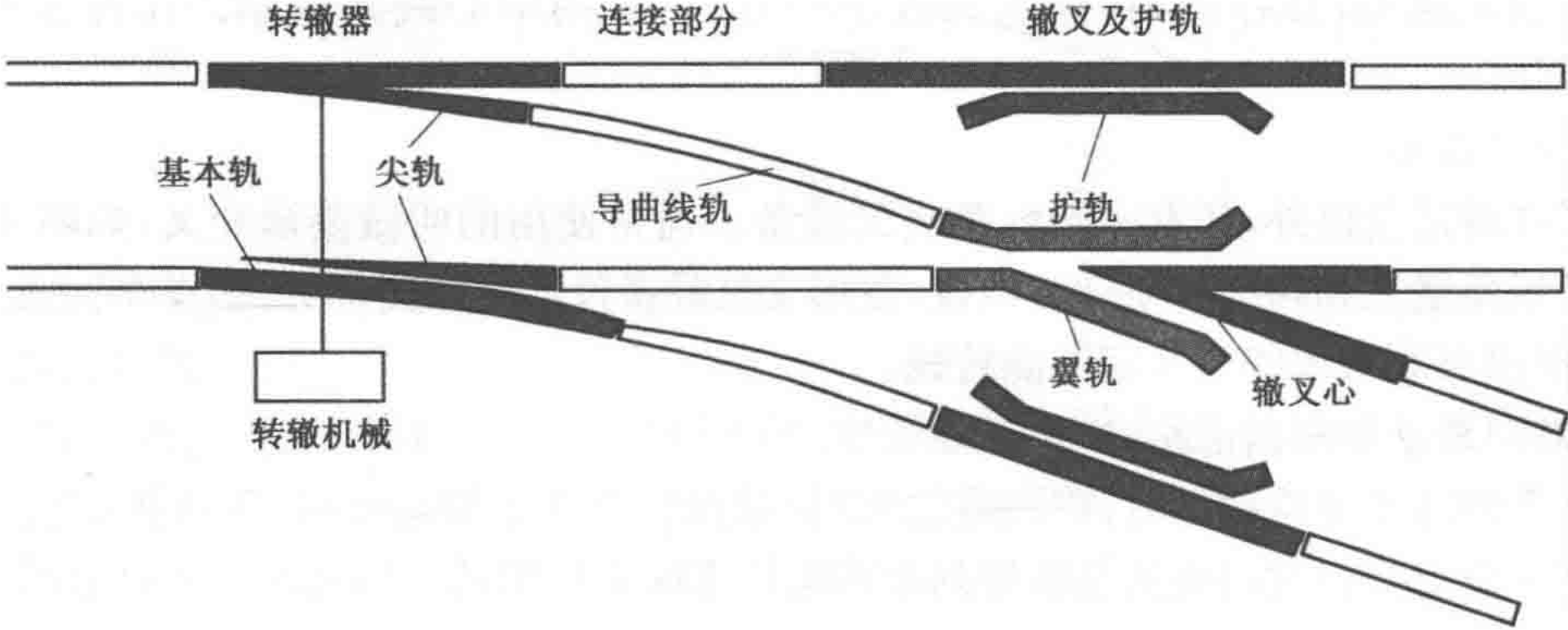


图 1-4 单开道岔的组成

(1) 转辙器

转辙器包括两根尖轨、两根基本轨和转辙机械。尖轨是转辙器的主要部件,通过连接杆与转辙机械相连,所以操纵转辙机械可以改变尖轨的位置,确定道岔的开通方向。

(2) 辙叉及护轨

辙叉及护轨包括辙叉心、翼轨及护轨。它的作用是保证车轮安全通过两股轨线的相互交叉处。

从辙叉心最窄处到辙叉心实际尖端之间,存在着一段轨线中断的空隙,叫做辙岔的有害空间。当机车车辆通过辙叉有害空间时,轮缘有走错辙叉槽而引起脱轨的可能,因此,必须设置护轨,对车轮的运行方向实行强制性的引导。

道岔上的有害空间是限制列车过岔速度的一个重要因数。为消灭有害空间,适应列车高速运行的要求,国内外都发展了各种活动心轨道岔。一般来说,辙叉心轨和尖轨是同时被扳动的,当尖轨开通某一方向时,活动心轨的辙叉心就与开通方向一致的翼轨密贴,与另一翼轨分开,从而消灭了有害空间,如图 1-5 所示。

由于消灭了有害空间,活动心轨道岔具有行车平稳、直向过岔速度限制少等优点,因此适合运量大、高速行车的线路使用。

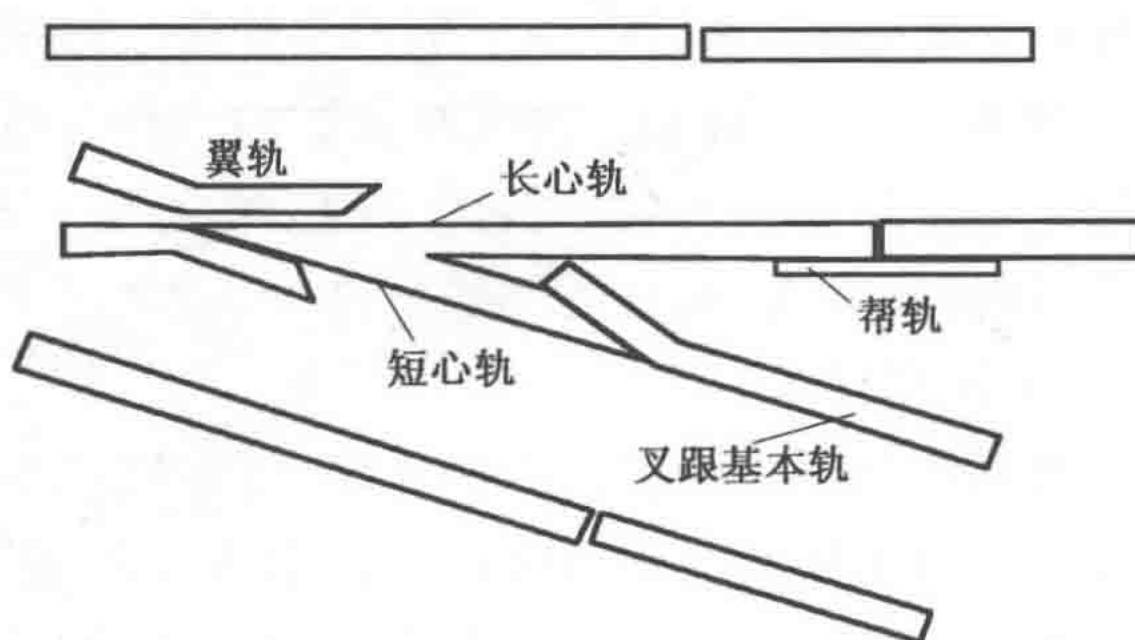


图 1-5 活动心轨辙叉

(3) 连接部分

连接部分是连接转辙器和辙叉及护轨的部分,包括两根直轨和两根导曲线轨。在导曲线上一一般不设缓和曲线和超高,所以列车侧向过岔时,速度要受到限制。

2. 道岔的类型及交叉设备

(1) 道岔的类型

除了普通单开道岔以外,按照构造上的特点及所连接的线路数目,还有双开道岔、三开道岔和交分道岔(分固定式和活动式交分道岔)等。

双开道岔的特点是与道岔相衔接的两条线路各自向两侧分岔。三开道岔的特点是可以同时衔接三条线路,所以具有两套尖轨,分别用两组转辙机械操纵。复示交分道岔相当于四组单开道岔和一副菱形交叉设备的结合体,但它需要占用的地面却很小。

为了简明起见,在作图时,道岔和线路一样,一般用中心线来表示。几种常见道岔如图 1-6 所示。

(2) 交叉设备

除了各种道岔以外,还有一种线路交叉设备。通常使用的叫做菱形交叉,如图 1-7 所示,它由两组锐角辙叉和两组钝角辙叉组成,菱形交叉设备没有转辙器部分,机车车辆通过交叉设备时,只能沿着原来线路运行而不能转线。

(3) 对向道岔和顺向道岔

机车车辆迎着尖轨运行时,称该道岔为对向道岔;顺着岔尖运行时,又称该道岔为顺向道岔。所谓顺向道岔与对向道岔是根据列车的运行方向来区别的。因此同一道岔有时称对向道岔,有时称顺向道岔。

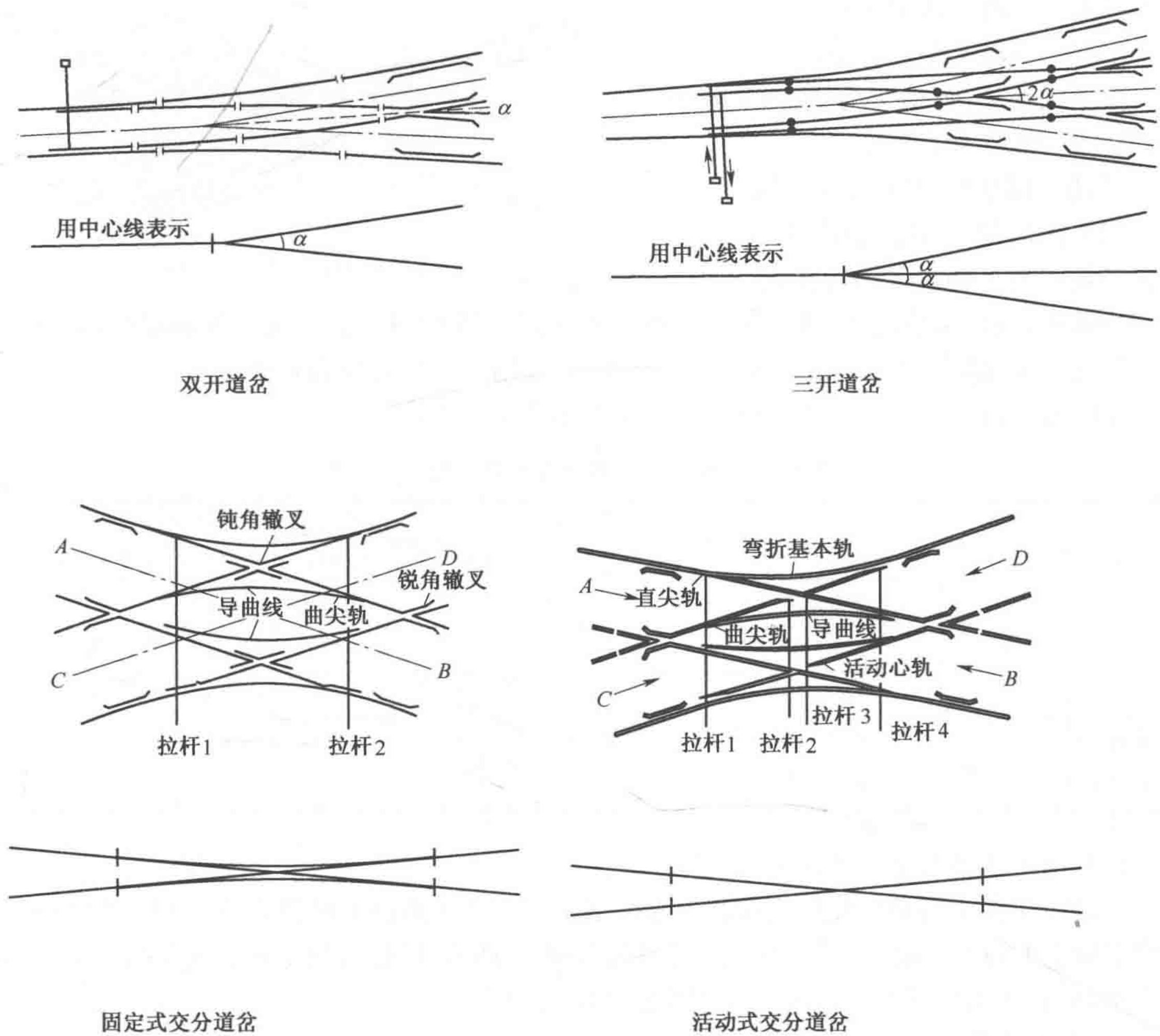


图 1-6 几种常用道岔及其表示

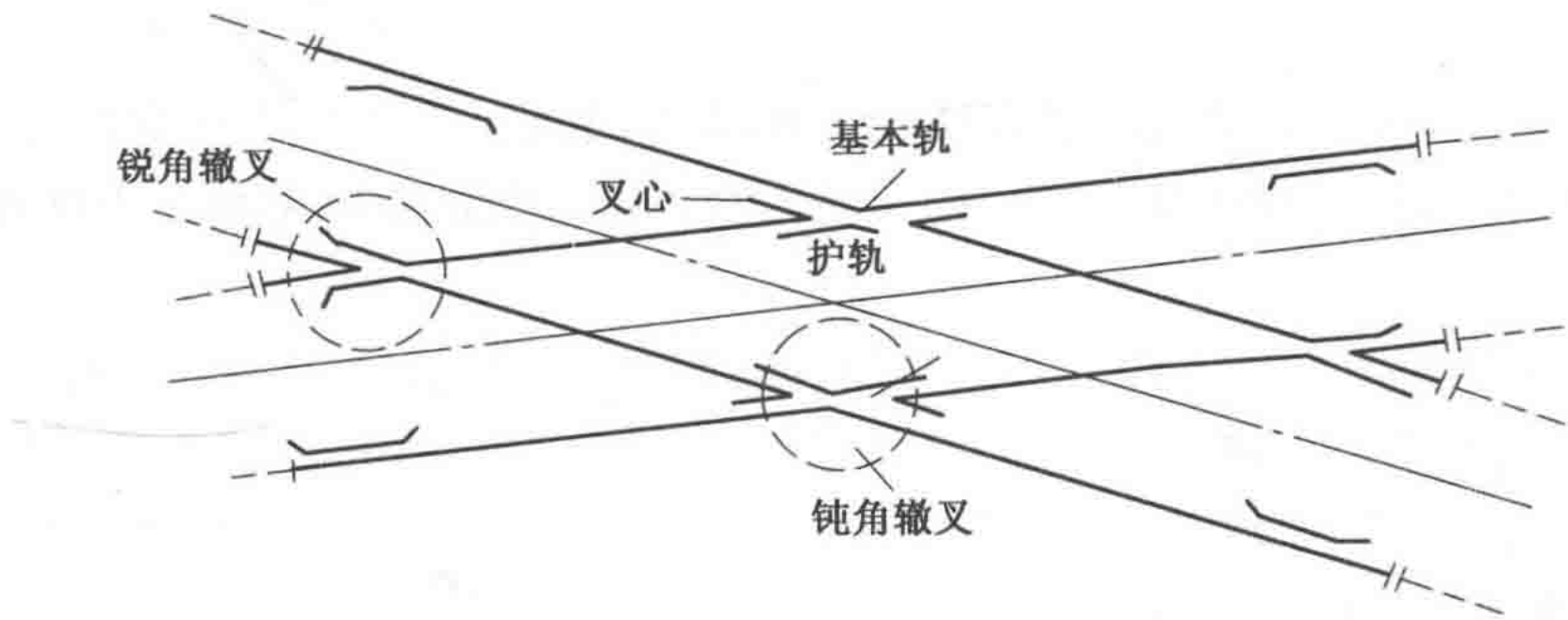


图 1-7 菱形交叉

3. 道岔号数及侧向通过道岔速度的限制

(1)道岔号数

为了统一道岔规格,便于设计、制造和使用,根据辙叉角的大小,把道岔分成号数。规定道岔的号数等于辙叉角(叉心的两作用边之间的夹角称为辙叉角)的余切,如图 1-8 所示,即

$$N = FE / AE = \cot \alpha$$

式中 N ——道岔辙叉号码;

FE——辙叉跟端长；
AE——辙叉跟端支距。

由上式计算，如值为 8，即为 8 号道岔；值为 9，即为 9 号道岔。

(2)侧向通过道岔速度的限制

列车侧向通过道岔的速度，取决于道岔号数的大小和道岔构造强度。由于辙叉角越小，道岔号数越大，导曲线半径也越大，机车车辆侧线通过道岔时就越平稳，允许的侧线过岔速度也越高。然而道岔号数越大，道岔全长就越长，铺设时占地就越多。

我国常用道岔的有关尺寸及侧向允许速度如表 1-1 所示。

表 1-1 常用道岔的有关尺寸及侧向允许速度

道岔类型	辙叉号码	辙叉角	导曲线半径 $R(\text{m})$	道岔全长 $L_{\text{全}}(\text{m})$	道岔侧向允许通过速度 $v(\text{km/h})$
单开道岔	9	$6^{\circ}20'25''$	180.00	28.848	30
	12	$4^{\circ}45'49''$	330.00	36.815	45
	18	$3^{\circ}10'12.5''$	800.00	54.00	80
对称道岔	6	$9^{\circ}27'44''$	180.00	17.457	35
	9	$6^{\circ}20'25''$	300.00	25.354	45

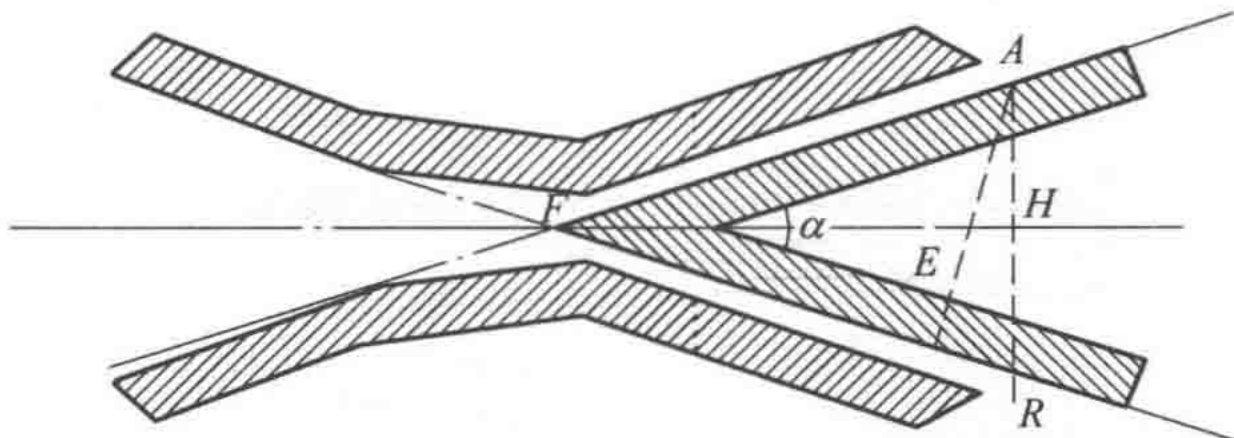


图 1-8 道岔辙叉号码的确定

(四)铁路线路的平面及纵断面

铁路线路在空间的位置是用线路中心线在水平面及铅垂面上的投影表示的。线路中心线在水平面上的投影，叫做线路平面。用它表示线路的曲直变化。线路中心展直后在铅垂面上的投影，叫做线路的纵断面。用它表明线路坡度的变化。

1. 线路的平面

线路的平面由直线、曲线组成。线路曲线包括圆曲线和缓和曲线。

(1)圆曲线

在线路的转向处，应设置曲线。铁路曲线采用圆弧曲线。曲线的弯曲程度用圆弧的半径大小表示，半径愈大，曲线的弯曲度愈小，列车转向愈平顺；半径愈小，曲线的弯曲度愈大，列车转向愈剧烈。

圆曲线要素包括转向角(α)、曲线半径(R)、曲线长度(L)和切线长度(T)，如图 1-9 所示，图中 JD 表示转向点，ZY 为直线与圆曲线的交点，简称直圆点，YZ 为圆直点。曲线要素间的关系为

$$T = R \tan(\alpha/2) \quad (\text{m})$$

$$L = R\alpha\pi/180 \quad (\text{m})$$

式中的转向角(α)的计算单位为度。

当曲线半径、转向角确定后，可用上式计算切线长度和曲线长度。

(2)缓和曲线

直线和圆曲线往往不是直接连接的。在直线和圆曲线的连接处，设有一条叫做缓和曲线

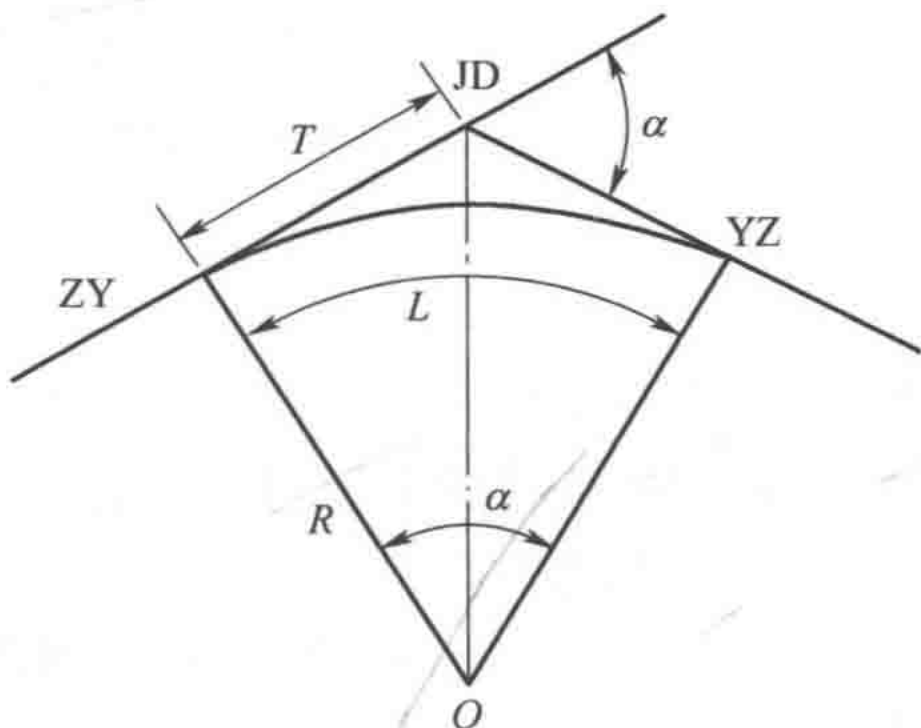


图 1-9 圆曲线要素

的过渡段。缓和曲线的特征是,从缓和曲线所衔接的直线一端起,它的曲率半径(ρ),由无穷大(∞)逐渐减小到它所衔接的圆曲线半径(R)。

在圆曲线两端设置缓和曲线的目的是:

①避免离心力的突然作用,保证行车的安全平顺。由于缓和曲线的曲率半径是逐渐变化的,所以列车由直线(或圆曲线)驶向圆曲线(或直线)时,离心力的作用是逐渐产生或消失的,不致造成列车强烈的横向摇摆。

②满足曲线外轨超高和轨距加宽的需求。直线与圆曲线的连接点既属于直线又属于曲线,外轨不可能突然提高。设置缓和曲线后,从直线开始,随着缓和曲线曲率半径的减小,逐渐提高到圆曲线上规定的超高值。曲线轨距加宽,从直线开始,随着缓和曲线曲率半径的减小,逐渐加宽至圆曲线上规定的加宽值。

车站内的线路,除正线外,站线上的曲线可不设缓和曲线。

(3)两相邻曲线间的夹直线

两相邻曲线,转向相同者,称为同向曲线;转向相反者,称为反向曲线。相邻两曲线间的直线段,称为夹直线。

(4)曲线附加阻力

列车运行中所遇到的阻力有以下两类:

①基本阻力。这种阻力是指列车在空旷地段,平、直轨道上运行时所遇到的阻力,形成基本阻力的因素很多,其中主要的为:机车车辆的轴颈与轴承的摩擦阻力;轮轨间的滚动与滑动阻力;由于冲击和震动而产生的阻力;列车运行中,正面空气阻力,列车表面与空气的摩擦力等。

②附加阻力。包括曲线附加阻力、坡道附加阻力、起动附加阻力等。

列车通过曲线时所遇到的阻力与通过直线时所遇到的阻力(基本阻力)之差,叫做曲线阻力。

曲线附加阻力与列车重量之比,叫做单位曲线附加阻力,通常用经验公式进行计算,根据列车在曲线上的位置分下列两种情况:

a. 当列车全部位于曲线上时

$$w_{\text{曲}} = 700/R \quad (\text{N/kN})$$

b. 当列车的一部分位于曲线上时

$$w_{\text{曲}} = 700/R \times L_{\text{曲}}/L_{\text{列}} \quad (\text{N/kN})$$

式中 $w_{\text{曲}}$ ——单位曲线附加阻力(N/kN);

R ——曲线半径(m);

$L_{\text{曲}}$ ——列车位于曲线上的长度(m);

$L_{\text{列}}$ ——列车长度(m)。

2. 线路的纵断面

线路的纵断面由平道、坡道和竖曲线组成。

一段坡道两端点间的高差(H)与水平距离(L)之比,叫做该坡道的坡度。它的大小用 $i\%$ 表示。线路的上坡、下坡、平道分别用(+)、(-)、(0)表示。

(1)单位坡道附加阻力

列车上坡运行时遇到的阻力,大于在平道上运行时遇到的阻力,这两种阻力之差,叫做坡道附加阻力。

列车上坡运行时,其重量可以分解为两个分力,即垂直于轨道的分力 F_1 和平行于轨道的分力 F_2 。 F_1 被轨道的反作用力所平衡, F_2 即坡道的附加阻力。当列车下坡运行时 F_2 为加速力,如图 1-10 所示。

坡道附加阻力用下式计算:

$$W_{\text{坡}} = F_2 = G \sin \alpha \text{ (kN)} = 1\,000 G \sin \alpha \text{ (N)}$$

因 α 很小, $\sin \alpha \approx \tan \alpha$, 于是得 $W_{\text{坡}} = 1\,000 \tan \alpha \text{ (N)}$;

又因 $i\% = \tan \alpha$, 则 $W_{\text{坡}} = Gi \text{ (N)}$ 。

坡道附加阻力与列车重量之比,叫做单位坡道附加阻力, $w_i = W_{\text{坡}} / G = i \text{ (N/kN)}$, 因此单位坡道附加阻力,在数值上恰好等于该坡度的千分数。

(2) 加算坡度

如果在坡道上又有曲线,列车通过时,所遇到的总附加阻力,应是坡道附加阻力与曲线附加阻力之和。由于列车上坡时所遇到的为阻力,下坡运行时所遇到的为加速力,而曲线附加阻力不管列车运行方向均为阻力,所以计算总附加阻力时,列车下坡运行时二者应相减,上坡运行时二者应相加。

$$w_{\text{总}} = |w_{\text{曲}} \pm w_{\text{坡}}| \text{ (N/kN)}$$

利用坡度千分数与单位附加阻力的对应关系,将算出的总附加阻力变化为坡度。

$$i_{\text{换}}\% = (w_{\text{曲}} \pm w_{\text{坡}})\% \text{ (N/kN)}$$

用坡道附加阻力与曲线附加阻力之和,求得的坡度,叫做换算坡度。换算坡度又称加算坡度。

(3) 线路的最大坡度

① 限制坡度

限制坡度是一个铁路区段中单机牵引的最大坡度,即用一台机车,牵引固定重量的货物列车,以规定的最小计算速度,所能爬上的最大坡度。一条线路的限制坡度愈小,机车牵引重量愈大,运输效率愈高。但过小的限制坡度,往往会造成工程量过大,线路造价提高。

② 加力牵引坡度

线路在跨越高山峻岭时,如果采用全线规定的限制坡度,则工程艰巨,造价很高。为了降低工程造价,在越岭地段可以采用大于限制坡度的加力牵引坡度,即保持单机牵引的列车重量,在通过这一地段时,用两台或几台机车共同牵引一个列车。

3. 线路平面图和纵断面图的简单表示法

线路平面图和纵断面图是铁路设计及指导施工和运营的重要文件。平面图能反映线路的直线地段和曲线地段,纵断面图能反映出线路的平道线段和坡道线段。

(1) 线路平面图

用一定的比例尺,把线路中心线以及它两侧的地面情况投影到水平面上,就得到线路平面图。

图 1-11 为某段线路的平面图,图中表明了以下内容:

① 线路中心线。图中粗实线为线路的中心线,该段线路包含两个转向点(JD₉、JD₁₀),两段曲线,三段直线。虚线地段为隧道。

② 线路里程。自线路起点至终点,每一公里设置公里标,注明公里数,在公里标之间的每百米处设置百米标,注明百米数(K 代表公里,“+”号前为公里数,后为米数)。

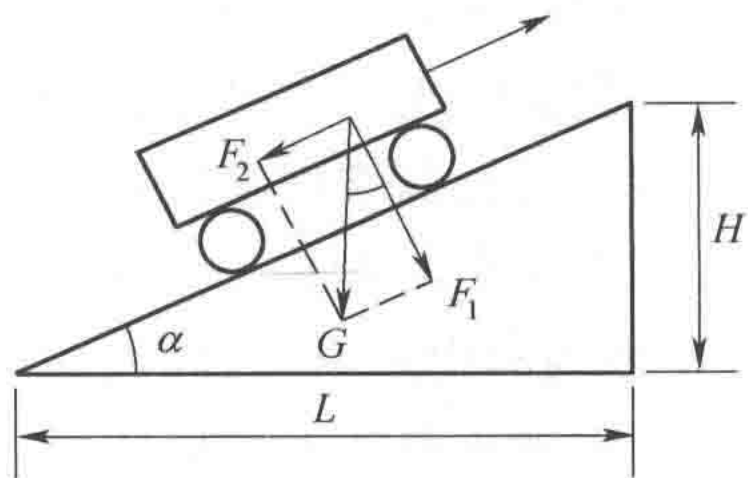


图 1-10 坡道附加阻力示意

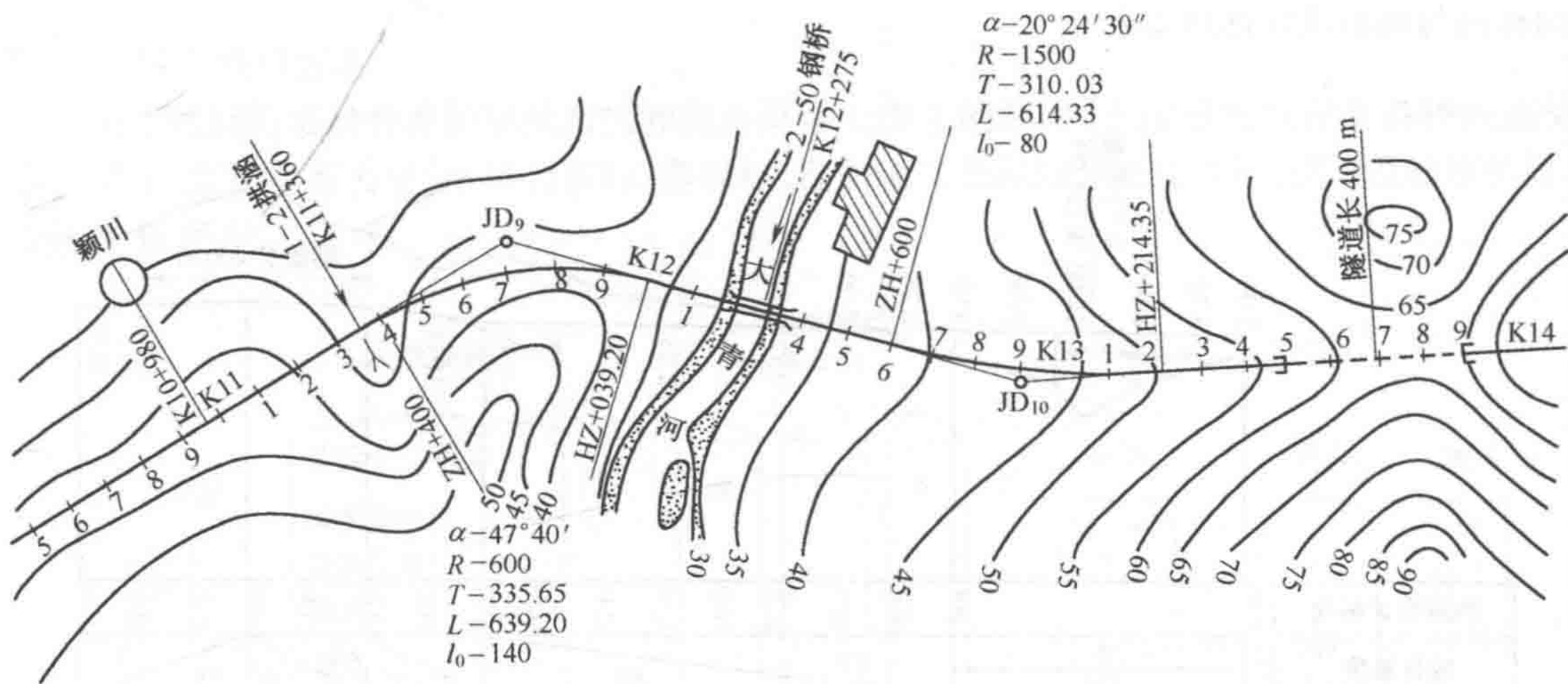


图 1-11 线路平面图

③曲线要素及起、终点里程。在各自曲线的内侧注有曲线要素：曲线半径(R)、转向角(α)、切线长度(T)、曲线长度(L)、缓和曲线长度(l_0)。图中的 ZH 表示曲线的起点(称直缓点), HZ 表示曲线的终点(称缓直点), YH、HY 分别表示圆缓点和缓圆点。

④地物和主要建筑物。图中用规定的图例注明铁路沿线的河流,道路、村镇、车站及桥隧建筑物。

⑤地形。图中用等高线表示线路经行地段的地面起伏状态。

(2) 线路纵断面图

用一定的比例尺,把线路中心线展直后投影到铅垂面上,并标明线路平面和纵断面的各项有关资料的图纸,叫做线路纵断面图。

图 1-12 为某段线路的纵断面图,横向表示线路长度,竖向表示线路高度。该图由两部分组成,上部分为图样部分,其中细实线表示地面线,粗实线表示设计线。还用符号和数字注明各主要建筑物的位置、类型和大小。设计线上面的数字为填方高度,下面的数字为挖方深度。纵断面图的下半部分为资料表,注明有关资料和数据。

①线路公里标。一般以线路起点车站的旅客站房中心线处为零公里起算,在整公里处注明里程。

②线路平面。将线路平面用示意图的方法表示出来。上凸、下凹的部分表示曲线,上凸表示该曲线为右转向角,下凹表示该曲线为左转向角。上凸、下凹的转折处依次为直缓点、缓圆点、圆缓点和缓直点。两相邻曲线间的水平线表示直线段。在纵断面图上用示意图注明线路的直线或曲线位置,可以表明坡道与曲线的重叠情况。

③百米标。在整百米标处注上百米数。在百米标之间地形变化点,应设置加标(如 K12+350),以使绘出的地面线更符合实际情况,加标处的数字为距前百米标的距离。

④地面标高。在各百米标和加标处注明地面标高。

⑤设计坡度。栏中竖线为变坡点的位置,两竖线间向上或向下的斜线分别表示上坡道或下坡道,平线表示平道。线上所注数字为坡度值,单位为‰;线下数字为坡道长度,单位为 m。

⑥路肩设计标高。在各变坡点、百米标和加标处注明路建设计标高,单位为 m。

⑦路基的添挖高度。在设计线的上方或下方注明路基的填挖高度。路基填挖高度等于地

面标高与路肩设计标高之差。

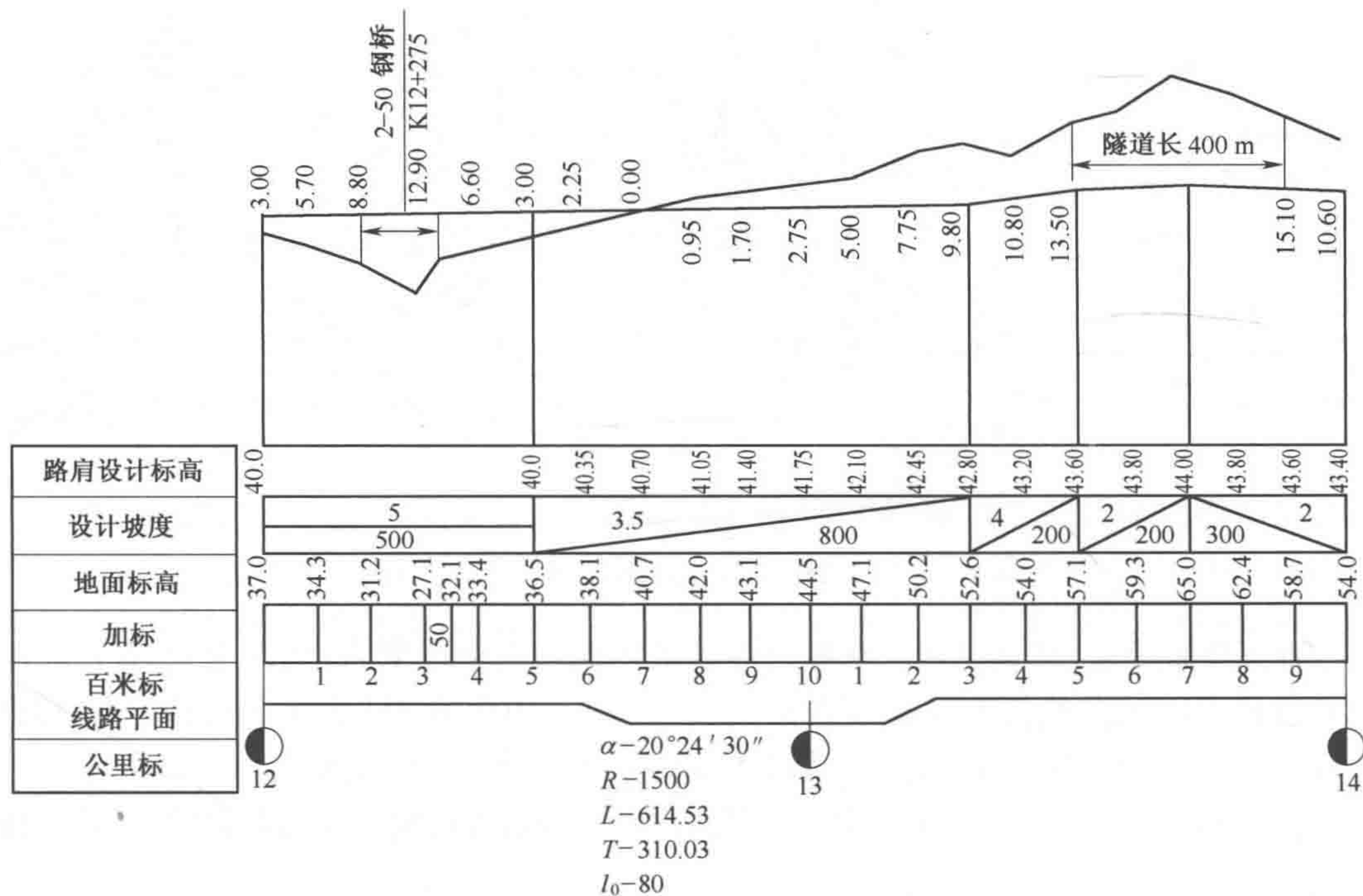


图 1-12 线路纵断面图

(五)桥隧建筑物

当铁路线路通过江河、溪沟和山岭等天然障碍或跨过公路和其他铁路线时,需要修建各种桥隧建筑物。桥隧建筑物是桥梁、涵洞、明渠和隧道的总称。桥隧建筑物的坚固稳定对行车安全有重要的意义。

1. 桥梁

桥梁主要由桥面、桥跨结构和墩台所组成。铁路桥梁的种类很多,按照桥跨所用的材料可分为钢桥、钢筋混凝土桥、石桥等;按照桥梁的外形分为梁桥、拱桥和斜拉桥;按照桥梁的长度(L)分为小桥($L < 20\text{ m}$)、中桥($20\text{ m} \leq L < 100\text{ m}$)、大桥($100\text{ m} \leq L < 500\text{ m}$)和特大桥($L \geq 500\text{ m}$),等等。

2. 涵洞和明渠

涵洞设在路堤下部的填土中,是用以通过少量水流的一种建筑物,由洞身、基础、端墙以及翼墙组成。按照建筑材料的不同,涵洞有石涵、混凝土涵、钢筋混凝土涵等多种。涵洞的截面也有矩形、圆形、拱形等不同形式。涵洞的孔径一般在 $0.75 \sim 6\text{ m}$ 之间。

明渠是只有墩台而没有梁部结构的小型排水建筑物,其孔径一般在 0.5 m 左右,利用枕木之间的空隙通过小股水流。

3. 隧道

铁路隧道大都建筑在山中,用以避免开挖深路堑或修建很长的迂回爬山线路,此外,还有建筑在河床、海峡或湖底以下的水底隧道和建筑在城市地下铁道。隧道一般由洞门、衬砌、排水设备及避车洞所组成。